

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

METHOD FOR FORMING MICROLENS

Patent Number: JP11186530
Publication date: 1999-07-09
Inventor(s): KEIJI YUKIHIDE
Applicant(s): SONY CORP
Requested Patent:  JP11186530
Application Number: JP19970356575 19971225
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L27/14
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve nonuniformity in sensitivity due to light-condensing position of microlenses.

SOLUTION: This method for forming microlenses comprises independently providing a microlens to each pixel on a pixel surface, comprised of multiple pixels and forming microlenses while correcting exit pupil. First, a resist is coated on the picture element surface to form a resist layer. Then the resist layer is patterned to form a resist pattern with exit pupil correction. Resist patterns 21a, 21b and 21c are formed in such a way that the space between adjacent resist patterns is made larger in the center of the pixel surface, and made gradually narrower toward the periphery of the pixel surface. After that, the resist patterns are treated by reflow to form convex microlenses and the curvature radius becomes gradually larger from the center of the pixel surface toward the periphery.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 8 6 5 3 0

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 7 月 9 日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 27/14

H 0 1 L 27/14

D

審査請求 未請求 請求項の数 4

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 9-356575

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 12 月 25 日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 慶児 幸秀

鹿児島県国分市野口北 5 番 1 号 ソニー国分
株式会社内

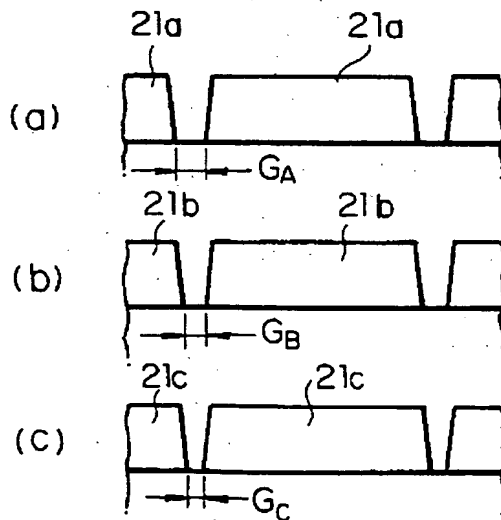
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズの形成方法

(57) 【要約】

【課題】 マイクロレンズの集光位置による感度不均一性を改善することのできる、マイクロレンズの形成方法の提供が望まれている。

【解決手段】 多数の画素からなる画素面上に、各画素毎に独立してマイクロレンズを設けるとともに、マイクロレンズを、射出瞳補正を行って形成するマイクロレンズの形成方法である。まずレジストを画素面上に塗布してレジスト層を形成し、次にレジスト層をパターンニングしてレジストパターンを射出瞳補正した状態に形成するとともに、レジストパターン 21 a、21 b、21 c を、画素面の中央部では互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を広くし、画素面の周辺部にいくに連れて、互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を徐々に狭くして形成し、その後レジストパターンをリフロー処理して凸状マイクロレンズを形成するとともに、その曲率半径を画素面の中央部から周辺にいくに連れて徐々に大きくする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数の画素からなる画素面上に、各画素毎に独立してマイクロレンズを設けるとともに、該マイクロレンズを、前記画素面の中心部では該マイクロレンズ中心とこれに対応する単一画素の中心とを一致させ、画素面の周辺部にいくに連れて、漸次マイクロレンズ中心と画素中心とをずらす射出瞳補正を行って形成するマイクロレンズの形成方法であって、

マイクロレンズ材料であるレジストを前記画素面上に塗布してレジスト層を形成する工程と、

前記レジスト層をパターンニングして各画素毎にそれぞれ独立したレジストパターンを射出瞳補正した状態に形成するとともに、該レジストパターンを、前記画素面の中央部では互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を広くし、画素面の周辺部にいくに連れて、互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を徐々に狭くして形成する工程と、

前記レジストパターンをリフロー処理して上に凸の凸状マイクロレンズを形成するとともに、該凸状マイクロレンズの曲率半径を前記画素面の中央部から周辺部にいくに連れて徐々に大きくする工程と、を備えてなることを特徴とするマイクロレンズの形成方法。

【請求項2】 前記マイクロレンズが固体撮像素子の画素面上に設けられることを特徴とする請求項1記載のマイクロレンズの形成方法。

【請求項3】 前記マイクロレンズがイメージセンサの画素面上に設けられることを特徴とする請求項1記載のマイクロレンズの形成方法。

【請求項4】 前記マイクロレンズが液晶表示素子の画素面上に設けられることを特徴とする請求項1記載のマイクロレンズの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、多数の画素からなる画素面上に、各画素毎に独立してマイクロレンズを形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種のマイクロレンズを備えたものとして、固体撮像素子やエリアセンサ、リニアセンサ等のイメージセンサ、液晶表示素子などが知られている。中でも固体撮像素子は、その集光効率を高めて感度向上を図るべく、近年ではマイクロレンズを設けるのが普通になってきている。

【0003】 ところで、このような固体撮像素子においては、これへの入射光が、チップ中央部、すなわち多数の画素からなる画素面の中央部では画面に対して垂直となり、周辺側にいくに連れて垂直から角度をもった斜め光へと変化する。図5(a)、(b)、(c)は、各光学系における固体撮像素子への結像モデルを示す図であり、図5(a)に示すテレセントリック光学系の場合を

除き、図5(b)に示す射出瞳がマイナスである光学系の場合、あるいは図5(c)に示す射出瞳がプラスである光学系の場合では、固体撮像素子の画素面上への光の入射角は、その画素面の位置によって変わってくる。

【0004】 したがって、近年の固体撮像素子では、各単位画素における受光センサ部にマイクロレンズを形成する場合、画素面全域での感度の均一化を図るため、画素面の周辺側にいくに連れてマイクロレンズの中心を受光センサ部の中心からずらすことにより、斜めの入射光も受光センサ部に確実に入射するように工夫されている。なお、このようにマイクロレンズの中心と受光センサ部の中心とをずらし、斜め入射光を確実に受光センサ部に入射させることを、本明細書では射出瞳補正と称する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、図5(b)に示したような射出瞳マイナス光学系では、前記射出瞳補正を行った従来の固体撮像素子のマイクロレンズでの集光が図6(a)、(b)、(c)に示す通りとなる。

ここで、図6(a)は、固体撮像素子の画素面を示す側面図である図7の、画素面1の中央部Aでのマイクロレンズ集光状態を示し、同様に図6(b)は図7における中央部Aより周辺部側のBでのマイクロレンズ集光状態を示し、図6(c)は図7における周辺部Cでのマイクロレンズ集光状態を示している。なお、図6(a)、(b)、(c)中において符号2は受光センサ部、3はマイクロレンズ、4は遮光膜であり、固体撮像素子の画素面上に入射した光は、これらの図に示すようにマイクロレンズ3で集光されてこれの下方に位置する受光センサ部2に入射するようになっている。

【0006】 図6(a)、(b)、(c)に示すように、画素面1上に形成されたマイクロレンズ3はいずれも同じ曲率であり、したがって同一の曲率半径Rを有しているものの、斜め光に対する集光効率をよくするため、画素面中心から周辺部にいくに連れてマイクロレンズ3の中心が受光センサ部2の中心より画素面中心にずれるように射出瞳補正されている。 $(L_A = 0 < L_B < L_C)$;ただし、 L_A 、 L_B 、 L_C はマイクロレンズ3の中心と受光センサ部2の中心との距離)。

【0007】 したがって、該マイクロレンズ3で受ける入射光の光束の量は、図8に示すように像面照度における「 $\cos^4 \theta$ 乗則」にしたがい、画素面1の中央部Aから周辺部Cにいくに連れ、 W_A 、 W_B 、 W_C の順に小さくなる。なお、「 $\cos^4 \theta$ 乗則」は、図8から以下のように示される。

$$E = E_0 \times \cos^4 \omega$$

ただし、 E : 光軸外の放射照度 [$1\text{ m}/\text{m}^2$]

E_0 : 光軸上の放射照度 [$1\text{ m}/\text{m}^2$]

ω : 被写体の主光線が光軸となす角

【0008】 このように射出瞳補正のみでは、画素面1

の中央部Aから周辺部Cにいくに連れて入射光の光束の量が少なくなるので、画素面1内で均一な放射強度をもつ平面物体を撮像したとき、得られる表示画面は図9に示すように中央部で明るく周辺側にいくに連れて徐々に暗くなり、感度シェーディング（不具合）が発生して実物とは異なってしまうのである。

【0009】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、マイクロレンズの集光位置による感度不均一性を改善することのできる、マイクロレンズの形成方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロレンズの形成方法では、多数の画素からなる画素面上に、各画素毎に独立してマイクロレンズを設けるとともに、該マイクロレンズを、前記画素面の中心部では該マイクロレンズ中心とこれに対応する単一画素の中心とを一致させ、画素面の周辺部にいくに連れて、漸次マイクロレンズ中心と画素中心とをずらす射出瞳補正を行って形成するに際し、まず、マイクロレンズ材料であるレジストを前記画素面上に塗布してレジスト層を形成し、次に、前記レジスト層をパターンニングして各画素毎にそれぞれ独立したレジストパターンを射出瞳補正した状態に形成するとともに、該レジストパターンを、前記画素面の中央部では互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を広くし、画素面の周辺部にいくに連れて、互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を徐々に狭くして形成し、その後、前記レジストパターンをリフロー処理して上に凸の凸状マイクロレンズを形成するとともに、該凸状マイクロレンズの曲率半径を前記画素面の中央部から周辺部にいくに連れて徐々に大きくすることを前記課題の解決手段とした。

【0011】この形成方法によれば、射出瞳補正を行うだけでなく、その曲率半径を画素面の中央部から周辺部にいくに連れて徐々に大きくしてマイクロレンズを形成するので、得られるマイクロレンズはその集光位置による感度不均一性が改善されたものとなる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、多数の画素からなる画素面上に、各画素毎に独立してマイクロレンズを形成する方法であり、詳しくは、射出瞳補正を行うとともに、画素面の中央部から周辺側にいくに連れて曲率半径を徐々に大きくしてマイクロレンズを形成する方法である。

【0013】このようにして形成されるマイクロレンズとしては、種々のものに適用可能であり、具体的には固体撮像素子やエリアセンサ、リニアセンサ等のイメージセンサ、さらには液晶表示素子などにも用いられる。なお、液晶表示素子としては、点光源から発せられる光を各画素がマイクロレンズで集め、映し出すタイプのものはもちろん、バックライト付きのものにも適用することができる。

【0014】以下、本発明のマイクロレンズの形成方法を、固体撮像素子のマイクロレンズの形成に適用した例を基に詳しく説明するが、これに先立ち、本発明方法が適用される固体撮像素子の概略構成について説明する。

図4(a)、(b)、(c)は、本発明が適用された固体撮像素子の一例を示す図であり、(a)は固体撮像素子の平面図、(b)は図4(a)中bで示す位置における単位画素部の、水平方向(H方向)での側断面図、

(c)は図4(a)中cで示す位置における単位画素部の、垂直方向(V方向)での側断面図である。

【0015】図4(b)、(c)において符号10は固体撮像素子、11はシリコン基板である。シリコン基板11には、その表層部に光電変換をなす受光センサ部12が形成されており、その一方の側には読み出しゲート（図示略）を介して垂直転送部13（図4(b)参照）が、また他方の側にはチャネルストップ（図示略）を介して別の垂直転送部13が形成されている。なお、受光センサ部12が一つ形成されることにより、基本的にこの箇所にて独立した単一の画素が構成されるようになっている。シリコン基板11の表面部にはSiO₂からなる絶縁膜14が形成されており、この絶縁膜14の上には第1ポリシリコンからなる第1転送電極15と第2ポリシリコンからなる第2転送電極16（図4(c)参照）とが一部重なり合う状態で形成されている。

【0016】これら第1転送電極15、第2転送電極16上にはこれらを覆って絶縁膜（図示略）が形成されており、該絶縁膜上には前記受光センサ部12の直上部の一部を開口した状態に遮光膜17が形成されている。遮光膜17の上にはこれを覆って保護膜18が形成され、さらにその上にはカラーフィルタ層19を介してマイクロレンズ20が形成されている。ここで、このマイクロレンズ20は、本発明の方法によって形成されたものとなっているのである。

【0017】このマイクロレンズ20を形成するには、まず図1(a)、(b)、(c)に示すように、図4(b)、(c)においてカラーフィルタ層19までを形成したもののカラーフィルタ層19上に、すなわち各受光センサ部12毎に単一画素が形成されてなる画素面上に、マイクロレンズ材料であるレジストを塗布してレジスト層を形成し、さらに、このレジスト層をパターンニングして各画素毎にそれぞれ独立した矩形状のレジストパターン21a、21b、21cを形成する。ここで、図1(a)は前記図7に示した、画素面1の中央部Aに形成したレジストパターン21aを示し、図1(b)は図7における中央部Aより周辺部側のBに形成したレジストパターン21bを示し、図6(c)は図7における周辺部Cに形成したレジストパターン21cを示している。

【0018】このようなレジストパターン21a、21b、21cの形成に際しては、従来と同様にこれらレジ

ストパターン21a、21b、21cを射出瞳補正するとともに、該レジストパターン21a、21b、21cを、図7に示した画素面1の中央部Aでは図1(a)に示すように互いに隣り合うレジストパターン21a、21a間の間隔 G_A を広くし、以下、画素面の周辺部にいくに連れて、互いに隣り合うレジストパターン間の間隔を徐々に狭くして形成する。

【0019】すなわち、図7に示した画素面1のBでは、図1(b)に示すようにレジストパターン21b、21b間の間隔 G_B を前記 G_A より狭くし、さらに図7に示した画素面1の周辺部Cでは、図1(c)に示すようにレジストパターン21c、21c間の間隔 G_C を前記 G_B より狭くする。このようにして画素面1の中央部から周辺側に行くに連れてレジストパターン間の間隔を徐々に狭くしていくと、レジストパターン自体は中央部から周辺側に行くに連れてその体積が徐々に増加していく。

【0020】なお、これらレジストパターン21a、21b、21cについては、従来と同様に射出瞳補正を行うべく、画素面1の中央部から周辺部に行くに連れて、各レジストパターンの中心とこれの直下に位置する受光センサ部12の中心とを徐々にずらして形成する。したがって、レジストパターン形成に用いる露光用のマスクについては、射出瞳補正がなされると同時に、レジストパターン間の距離が徐々に狭くなるように予め設計され作製されている。

【0021】また、レジストパターン間の距離が徐々に狭くなる度合いについては、後述するように該レジストパターン間の距離の差により形成されるレジストパターンの体積に差が生じ、これによって得られるマイクロレンズの曲率半径に差が生じ、このため各マイクロレンズに入射する斜め光の光束の量が画素面1の中央部と周辺部とで同じになるように調整される。

【0022】このようにしてレジストパターン21a、21b、21cを形成したら、これらレジストパターン21a、21b、21cをリフローベーク処理し、図2(a)、(b)、(c)に示すように上に凸の凸状マイクロレンズ20a、20b、20cを形成する。形成されたマイクロレンズ20a、20b、20cは、射出瞳補正されて形成されているのはもちろん、レジストパターン自体が中央部から周辺側に行くに連れてその体積が増加していることにより、その曲率半径も画素面1の中央部から周辺部に行くに連れて徐々に大きくなっている。

【0023】すなわち、このように本発明によって得られたマイクロレンズ20a、20b、20cは、図3(a)、(b)、(c)に示すように、斜め光に対する集光効率をよくするため、画素面中心から周辺に行くに連れてマイクロレンズの中心が受光センサ部12の中心より画素面中心にずれて射出瞳補正されている($L_A =$

$0 < L_B < L_C$;ただし、 L_A 、 L_B 、 L_C はマイクロレンズの中心と受光センサ部12の中心との距離)だけでなく、その曲率半径が r_A 、 r_B 、 r_C の順に徐々に大きくなっているのである($r_A < r_B < r_C$)。したがって、これらマイクロレンズ20a、20b、20cで受ける入射光の光束の量は、図3(a)、(b)、

(c)に示したように同じWに統一され、これにより各画素の受光センサ部12で取り込む光が同じになり、よって放射強度が均一なものについては均一に表示(繪出し)することができるようになる。

【0024】よって、本発明のマイクロレンズの形成方法にあつては、射出瞳補正を行うだけでなく、その曲率半径 r_A 、 r_B 、 r_C を画素面の中央部から周辺に行くに連れて徐々に大きくなるようにマイクロレンズ20a、20b、20cを形成するので、その集光位置による感度不均一性を改善し、したがって画素面の中央部と周辺部とで画質に差のない表示が可能となるようにマイクロレンズを形成することができる。また、このようにして得られた固体撮像素子にあつては、従来の構成からなるマイクロレンズを用いた固体撮像素子では射出瞳距離プラスまたはマイナスの場合に、撮像エリア(画素面)中心から周辺側に行くに連れて集光ポイントが受光面からその上側に移動する現象があつたが、これを抑制することもできる。

【0025】なお、本発明はこのような固体撮像素子のマイクロレンズの形成に限定されることなく、前述したようにエリアセンサ、リニアセンサ等のイメージセンサや、液晶表示素子にも適用される。例えば液晶表示素子に適用すれば、画像を映し出す液晶表示素子の光源から遠くなるほどマイクロレンズを大きくし、光源から発せられる光を各画素毎にマイクロレンズで集めることにより、画面を同一輝度にすることができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明のマイクロレンズの形成方法は、射出瞳補正を行うだけでなく、その曲率半径を画素面の中央部から周辺に行くに連れて徐々に大きくしてマイクロレンズを形成する方法であるから、得られるマイクロレンズについて、その集光位置による感度不均一性を改善することができる。したがって、本発明を例えば固体撮像素子の製造に適用した場合に、COSINE 4乗則に伴う像面照度不均一性を改善することができ、さらに、射出瞳距離がプラスまたはマイナスの光学系である場合に、固体撮像素子の撮像エリア中心から周辺にかけてマイクロレンズの集光ポイントが変化することによる、感度不均一性を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)、(c)は、本発明を固体撮像素子のマイクロレンズの形成に適用した場合の例を説明するための図であり、レジストパターンを形成した状態

を表す要部側面図である。

【図2】(a)、(b)、(c)は、本発明を固体撮像素子のマイクロレンズの形成に適用した場合の例を説明するための図であり、図1に続いてマイクロレンズを形成した状態を表す要部側面図である。

【図3】(a)、(b)、(c)は、本発明を固体撮像素子のマイクロレンズの形成に適用した場合の例を説明するための図であり、形成されたマイクロレンズの状態を説明するための要部側面図である。

【図4】(a)、(b)、(c)は、本発明が適用された10 固体撮像素子の一例を示す図であり、(a)は固体撮像素子の平面図、(b)は(a)中bで示す位置における単位画素部の、水平方向(H方向)での側断面図、(c)は(a)中cで示す位置における単位画素部の、垂直方向(V方向)での側断面図である。

【図5】(a)、(b)、(c)は、各光学系における

固体撮像素子への結像モデルを示す図であり、(a)はテレセントリック光学系の場合を示す図、(b)は射出瞳がマイナスである光学系の場合を示す図、(c)は射出瞳がプラスである光学系の場合を示す図である。

【図6】(a)、(b)、(c)は、従来の固体撮像素子におけるマイクロレンズの形成方法を説明するための図であり、形成されたマイクロレンズの状態を説明するための要部側面図である。

【図7】固体撮像素子の画素面を示す側面図である。

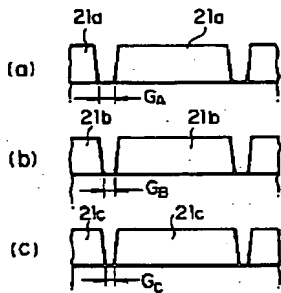
【図8】COSIN4乗則の説明図である。

【図9】感度シューディングが発生した表示画面の様子を模式的に示す図である。

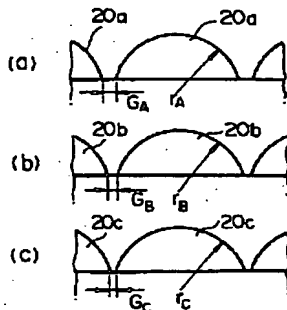
【符号の説明】

20a, 20b, 20c…マイクロレンズ、21a, 21b, 21c…レジストパターン

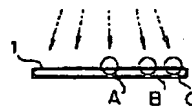
【図1】



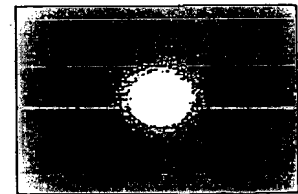
【図2】



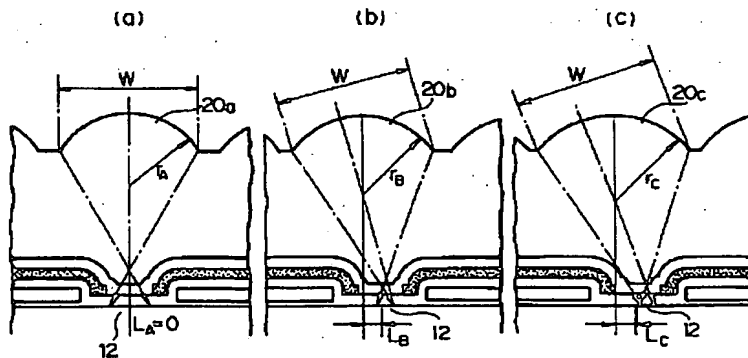
【図7】



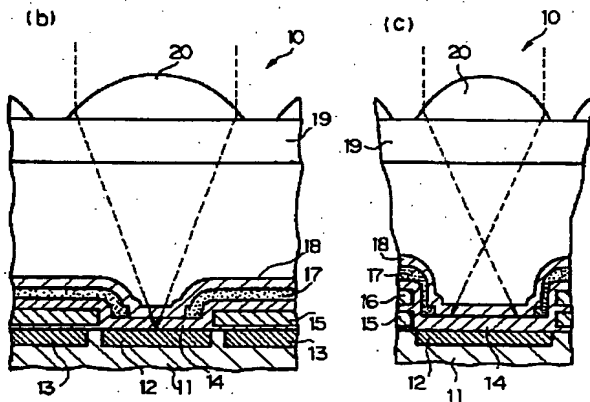
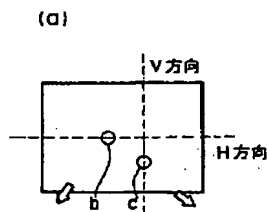
【図9】



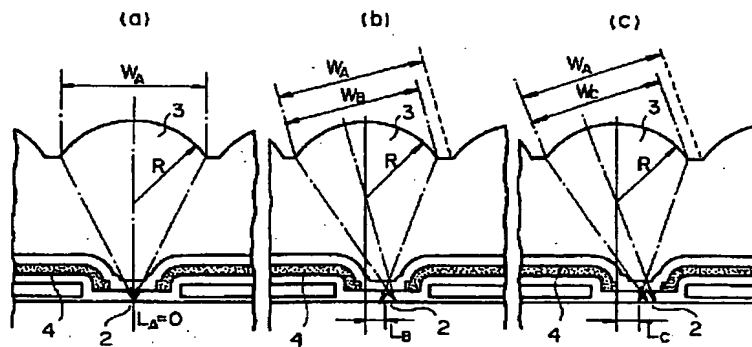
【図3】



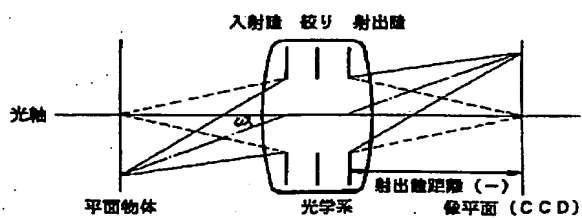
【図4】



【図6】

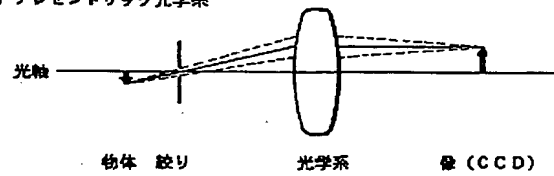


【図8】

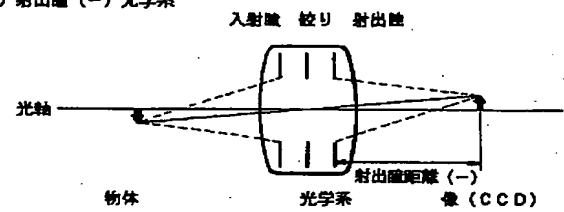


【図5】

(a) テレセントリック光学系



(b) 射出瞳 (-) 光学系



(c) 射出瞳 (+) 光学系

